

IETFにおけるトランスポート 関連技術の標準化動向の報告

2022年度

西田佳史 nishida@sfc.wide.ad.jp

本多倫夫 micchie@sfc.wide.ad.jp

慶應義塾大学SFC研究所

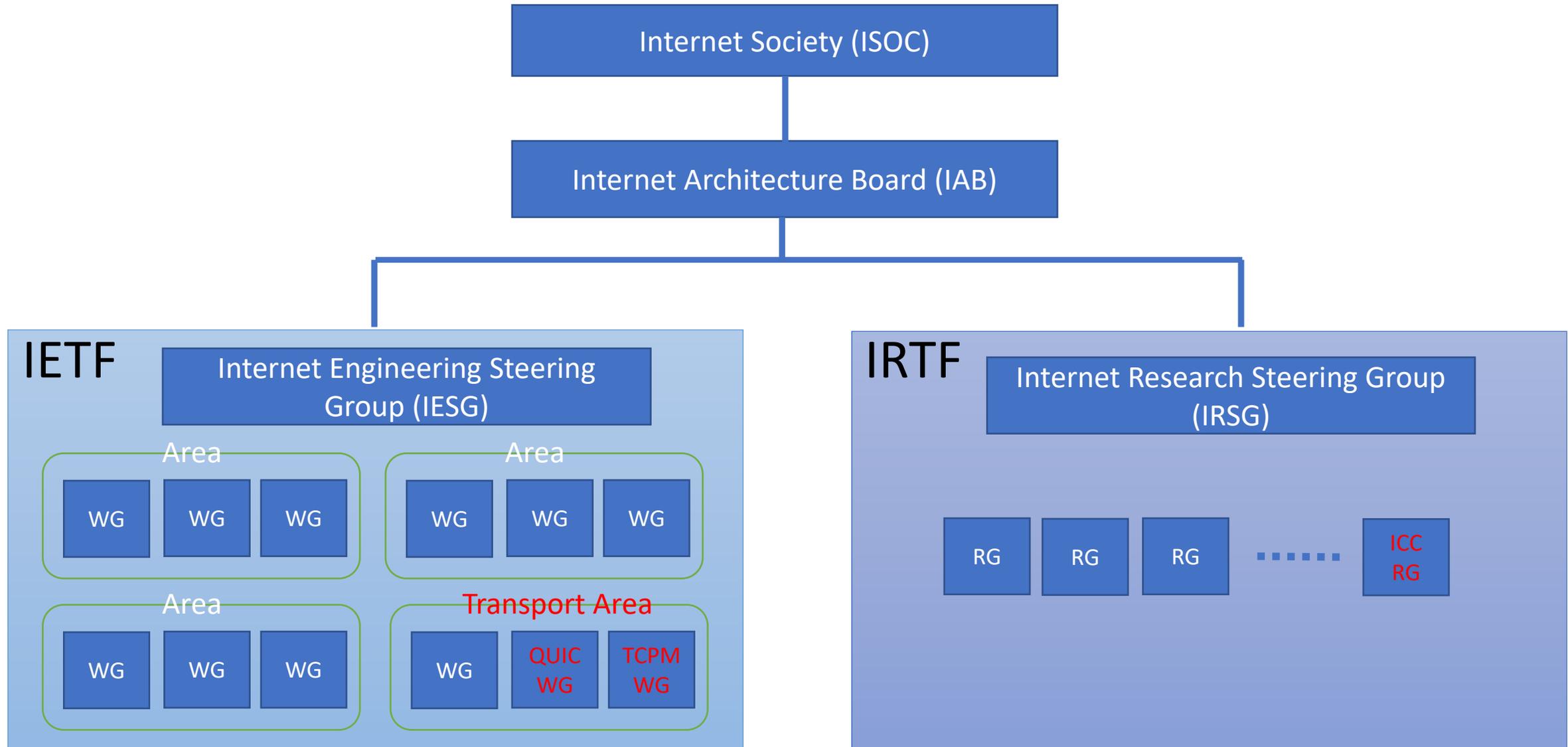
調査の概要

- 調査機関の名称
 - Internet Engineering Task Force (IETF)
- 調査対象テーマとその重要性
 - 国内機器ベンダにおける企業及び家庭向けネットワーク製品の開発や国内通信事業者のネットワーク運用にとって重要な、トランスポートプロトコルおよびその拡張の標準化動向や技術トレンドの調査
- 調査の技術分野
 - トランスポート層技術に関連するトピック: TCP、ECN、QUIC、輻輳制御アルゴリズムなど
- 出席した会合
 - 114回 IETF ミーティング (Philadelphia)
 - 115回 IETF ミーティング (London)
 - meetechoというアプリケーションを利用してオンライン参加も可能
- 調査者名
 - 西田佳史、本多倫夫

IETFの概要

- インターネットにおける通信技術を標準化するために**1986年**に発足された団体
 - 組織や国としてではなく個人としての参加が前提。
 - **Rough consensus and running code** を基本とする意思決定ポリシー
 - メーリングリストで主に議論を進める。年3回全体ミーティングを開催する
- インターネットで運用される技術の標準化を行うため、**Internet Protocol** をベースに基本的に**OSI**ネットワーク参照モデルにおける第三層以上の技術を扱う
 - トピックごとにエリアという単位に分割される。(現在7エリア)
 - Applications and Real-Time Area (art), General Area (gen), Internet Area (int), Operations and Management Area (ops), Routing Area (rtg), Security Area (sec), **Transport (tsv)**
- 各エリアにおいてサブテーマ (特定のプロトコル等) 毎にワーキンググループ (**WG**) を作成し、標準化作業はそれぞれの**WG**で行われる。
 - **WG**の構成人数は各**WG**によって大きく異なる
- **IRTF (Internet Research Task Force)**という姉妹団体がある
 - **IRTF**は標準化は行わないが、**IETF**と並行しながら長期的視点でインターネット技術の議論を行う
 - 標準化に関連する学術論文の表彰なども行う
- 参加者は**機器ベンダ**、**通信事業者**、**クラウド事業者**、**OS 開発者**、**アプリケーション開発者**、**大学教員/学生**など多岐にわたる

IETFとその関連組織の構成



調査対象テーマに関する状況

- TCPを始めとするトランスポート関連技術は現在でも活発に開発が進められ、IETFにおいて標準化が行われている
 - TCPが開発されたのは約40年前ではあるが、ネットワーク技術の進歩やサービスの多様化などに対応するため、様々な変更が加え続けられている
- 近年のIETFにおけるトランスポート関連技術の開発トレンド
 - TCPの問題点と修正案の標準化、高速化、セキュリティなど新機能の開発
 - 新しいプロトコルSCTP, DCCP, QUICの開発、標準化
 - 輻輳制御技術の開発、標準化
 - Active Queue Management技術の開発、標準化(CoDel, PIE)
 - Explicit Congestion Notification(ECN)関連技術の開発、標準化(I4s, accurate ECN, DCTCP)

トランスポートエリア概説

- IETF における 7 エリアの 1 つ
 - OSI 4 層技術を中心とした技術の開発、標準化
 - 主なWG
 - TCPM … TCPの比較的小規模な拡張と問題点の修正の標準化を行う
 - TSVWG … TCPに特化しないトランスポート関連の技術や通信品質(QoS)に関連する技術などの標準化を行う
 - QUIC … QUICプロトコルの開発、標準化を行う
 - TAPS .. トランスポートサービスの抽象化されたAPIの開発、標準化を行う
 - DTN .. Delay Tolerant Networking 技術の開発、標準化を行う
- IETF トランスポートエリアと関連の深い IRTF のRG
 - MAPRG .. プロトコルの挙動の解析やインターネットのトラフィック収集、解析に関する議論を行う
 - ICCRG .. インターネットにおける輻輳制御技術に関連する議論を行う

TSVWG ハイライト

- L4S (Low Latency, Low Loss and Scalable throughput)
 - IPヘッダの輻輳に関する情報(ECN)を利用して低遅延、低ロスを実現するフレームワークの提案
 - 仕様の多くが標準化の最終段階(AUTH48)になり議論が落ち着いてきた印象
 - 114th ミーティングでは Hackathon/Interopが開催され、google, meta, Netflix,NVIDIA,Appleなど15社が参加した
- MP-DCCP
 - トランスポートプロトコルの1つであるDCCPにマルチパス機能を追加する提案
- 輻輳制御関連
 - Careful resumption of CC
 - 過去のコネクションの輻輳関連の情報をどれだけ新しいコネクションで利用するか
 - Guidelines for Internet CC
 - 輻輳制御アルゴリズムを設計する場合のガイドライン

TCPM WGハイライト

- TCPコアスペック(RFC793)が40年ぶりに改訂 (RFC9293)
- TCPM WGの議長の一人が交代 (Michael Sharf氏からIan Swett氏へ)
- 輻輳制御関連
 - RFC8312bis (CUBIC)
 - 現在最も広く利用されている輻輳制御アルゴリズムCUBICの仕様を標準化する提案
 - 輻輳制御アルゴリズムRenoとの比較において長く議論が行われた
 - CUBICの安全性を示すデータの信頼性
 - 輻輳制御アルゴリズムの標準化の手順
 - RFC5033の輻輳制御アルゴリズムの標準化手順のガイドラインに準拠していないという指摘
 - Proposed Rate Reduction → 輻輳を検出した後にスムーズに転送レートを調節するアルゴリズム
 - The Fate of RFC3465 → RFC3465、RFC5681、HyStart++の仕様の間食い違いをどのように調整するか
 - Standard CC Analysis → RFC5681, RFC8312bis, RFC9002の仕様の違い、その影響に関する考察
- その他のトピック
 - TCP ACK Rate Request
 - TCPのACKを返送する頻度を柔軟に調整する提案

QUIC WGハイライト

- Multipath QUIC
 - QUICでマルチパス通信をサポートする提案
 - マルチパスのサポートは大きめの変更が必要になるので長い議論が続いている
 - 115th ミーティングでは、Single Packet Space number (全てのパスで共通のシーケンス番号を使う方式)をサポートしない方針が大まかに決まった
- Ack Frequency
 - ACKを返送する頻度を送信側から調整する機能の提案
- QUIC Load Balancing
 - ロードバランサでQUICをサポートする提案
 - QUICはパケットが暗号化されているので通常のロードバランサは使えない
- QUIC FEC
 - QUICにFECを用いた転送をサポートする提案

Congress BOFハイライト

- 輻輳制御に関する技術の標準化を行うWGの検討
 - 従来はTCPM WGやTSVWGで議論が行われていた
 - CUBICの標準化の過程で輻輳制御アルゴリズムの標準化の手順をもう少し厳密にすべきという議論があったことなどが背景
 - 輻輳制御標準化のガイドラインであるRFC5033の改訂などを行う
 - WGの作成に関しては、概ねコンセンサスが得られた様な印象を受けた

eBPF BOFハイライト

- eBPFに関する技術の標準化を行うWGの検討
 - 今回初めて議論が行われ、まだ検討が継続されるものと思われる
 - IETFで扱わないトピックの様にも思えるが、過去にもJSONやCのAPIやnetlinkなどのRFCが発行されている
 - IETF議長はIETFでebpfを扱うことに前向きな印象
 - もしWGが作られる場合はRouting Areaが有力な候補となりそう
 - SRV6関連でeBPFを利用するケースがあるため

総括

- 114,115 回会合におけるトランスポート関連技術のトレンド
 - 輻輳制御技術に関連する議論が全体的に多かった印象を受けた
 - Congress WGの設立など、今後はこの分野の標準化動向がより活発化するかもしれない
 - L4Sは標準化がほぼ終了しInteropも活況であった。近い将来L4Sをサポートしたサービスや製品が出てくる可能性が高い
 - QUICの標準化の議論は一時期と比べて落ち着いた印象を受けた
 - 現在マルチパス機能のサポートという大きな拡張の議論が進められているが、それ以外の提案は比較的細かい性能改善に思える
 - eBPFのIETFによる標準化は、もし実現すればトランスポートにも関連してくる可能性があるため、今後も継続して注目していく必要があると思われる

Backup

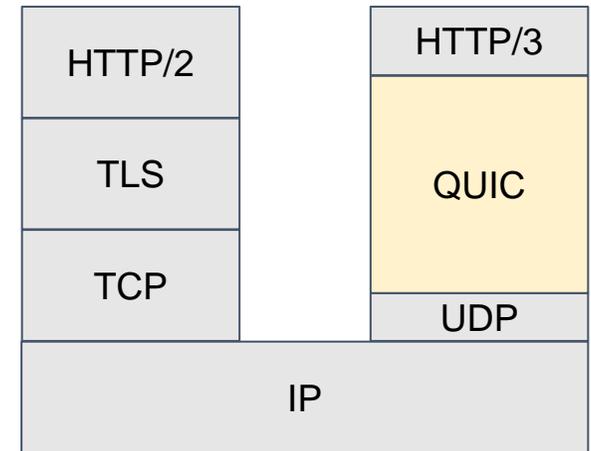
L4S

- L4S (Low Latency, Low Loss and Scalable throughput)
 - 従来の best-effort 型のサービスから対応ホストを切り離してサービスを実現を目指す
 - L4S 対応ホストの packets が従来のインターネットのキューに入らないように (遅延が増大しないように) する
 - ルータは ECN ビットの一部を利用して対応ホストかどうか検知
 - 対応ホストと従来のホストからの packets を別のキューに入れる (dual queues)
 - 対応ホストは ECN マーキングベースの輻輳制御を用いて柔軟で正確な輻輳制御を行う



QUIC

- TCPとTLS を置き換えるトランスポートプロトコル
- HTTPでの利用を強く意識
- UDP上で動作
 - NAPT や firewall などの Middlebox への対処
- TCP+TLSよりも低遅延な通信を実現
 - Zero RTT handshake が可能
- ほぼ全通信を暗号化
- TCPの様々な問題点に対する対策を取り入れた設計
- Apple, Fastly, Facebook, Microsoft, Google, Mozilla 等で実装が進んでいる
- QUICを利用する HTTP の新バージョンは、HTTP/3として開発が進められている。(HTTP/2の開発も継続)



IETF で標準化が進められている QUIC は Google がすでにインターネット上で使用している QUIC とは別物